

Risques d'eutrophisation et de comblement des retenues d'eau au Burkina Faso

AMADOU HAMA MAIGA, YACOUBA KONATE, KOKOU DENYIGBA,
HAROUNA KARAMBIRI & JOSEPH WETHE

Groupe EIER-ETSHER, Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Équipement Rural (EIER), BP 7023, Ouagadougou, Burkina Faso

amadou.hama.maiga@eieretsher.org

Résumé Le Groupe EIER-ETSHER a entrepris d'évaluer les risques d'eutrophisation et de comblement des plans d'eau en menant une étude sur une dizaine de retenues d'eau choisies dans les trois principales zones climatiques du Burkina Faso à savoir: la zone soudanienne de savane, caractérisée par une végétation boisée; la zone soudano sahélienne de savane à graminées; et la zone sahélienne de steppe arbustive. Sur la base de mesures d'indicateurs de niveau d'eutrophie et de mesures bathymétriques, les résultats de l'étude révèlent que: (a) le comblement par transport de solides représente la menace prépondérante pour les plans d'eau en zone sahélienne; ce risque est plutôt faible en zones soudanienne et soudano sahélienne; et (b) le risque d'eutrophisation de grande envergure s'avère faible pour les plans d'eau en zone soudanienne et soudano sahélienne. Ce risque semble inexistant en zone sahélienne à cause des suspensions solides dans l'eau qui réduisent la pénétration de la lumière solaire et, par conséquent, limitent le développement d'activité photosynthétique.

Mots clefs eutrophisation; comblement; transport solides; barrages; petites retenues d'eau; Burkina Faso

Risk of eutrophication and filling-up of small reservoirs in Burkina Faso

Abstract In order to evaluate the risks of eutrophication and re-filling of small reservoirs, a monitoring study was undertaken on ten water reserves chosen in the three main climatic zones of Burkina Faso: the soudanian zone, characterized by a vegetation of wooded savannah; the soudano-sahelian zone, characterized by mixed vegetation from savannah to graminaceous annual shrubs; and the sahelian zone, characterized by an open-field vegetation of thorny shrubby steppe. The level of eutrophication was measured on the basis of a series of referenced indicators and the re-filling level was evaluated by bathymetric measurements. The provisional results show that: (a) re-filling by transport of solids represents the dominant threat for the surface water reserves in the sahelian zone; this risk is rather weak with regard to water reserves in the soudanian and soudano-sahelian zones; and (b) the risk of large-scale eutrophication seems weak for the water reserves in the soudanian and the soudano-sahelian zones in Burkina Faso, and it is rather non-existent in the sahelian zone, where solid suspensions in water reduce light penetrations and, consequently, limit photosynthesis and algal development.

Key words eutrophication; re-filling; solids transport; dams; small reserves of water; Burkina Faso

INTRODUCTION

Dans la plupart des pays d'Afrique subsaharien et particulièrement au Burkina Faso, la pression démographique a entraîné une forte augmentation des surfaces cultivées au détriment du couvert végétal. La dégradation des sols résultant de l'intensification des activités anthropiques sur les bassins versants des retenues d'eau a pour effet d'accélérer dans certaines régions du Burkina Faso leur comblement progressif par érosion et sédimentation, réduisant ainsi la capacité de stockage et les activités socio-économiques qui se sont développées autour des plans d'eau. L'ampleur de ces phénomènes dépend de l'état de surface et de la nature du couvert végétal (Leprun, 1999).

Au Burkina Faso, on estime qu'entre les années 1950 et 1990, 40% du couvert boisé naturel a été détruit (Parkan 1986). Selon Marchal (1983) les pertes en terre par érosion peuvent atteindre $1.86 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ en zone sahélienne sous couvert herbacé et arbustif dégradé, et $3 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ sur des glacis avec des sols argileux cultivés. Yacouba *et al.* (2002) rapportent des pertes en terre moyenne de $5.35 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ sur les glacis dénudés de la zone soudano-sahélienne et sahélienne du Burkina Faso. Les travaux de Lhote (2000) et ceux de Maiga & Denyigba (2002), ont déjà permis d'esquisser sur une échelle spatiale globale, les risques éventuels d'eutrophisation et de comblement selon les grandes zones climatiques, de la Côte d'Ivoire vers le Burkina Faso. La présente étude tente d'évaluer l'importance de la dégradation et du comblement des retenues d'eau par eutrophisation ou transport de solides et les risques liés à ces phénomènes selon les zones climatiques du Burkina Faso.

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'étude est menée sur un échantillon de 10 retenues d'eau choisies pour obtenir une bonne représentativité des zones climatiques du pays. (Tableau 1 et Fig. 1), à savoir:

- la zone soudanienne au sud-ouest du pays avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 900 et 1200 mm concentrée sur environ 6 mois de l'année (mai–octobre) et une végétation constituée majoritairement de savane boisée ;
- la zone soudano-sahélienne au centre du pays avec une pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 600 et 900 mm sur une période de 4–5 mois par an, avec une végétation de savane à graminées arbustives et arborées et des sols sous fortes pressions d'activités agricoles et pastorales;
- la zone sahélienne dans le nord du pays, la plus aride avec une pluviométrie annuelle moyenne de 600 mm, s'étalant sur 3 mois environ et caractérisée par des averses brèves et de fortes intensités. Les ruissellements qui en découlent constituent un facteur important d'érosion des sols abritant une végétation de type steppe arbustive épineuse clairsemée.

Tableau 1 Les 10 retenues d'eau étudiées au Burkina Faso.

Retenues	Longitude	Latitude	Année de construction	Capacité (10 ⁶ m ³)	Superficie bassin (km ²)	Domaine climatique
Douna	05°05'45"O	10°40'48"N	1987	37.5	680	Soudanien
Toussiana	04°37'11"O	10°52'06"N	1982	6.1	130	
Moussodougou	04°56'50"O	10°46'47"N	1991	38	560	
Kanazoé	02°04'50"O	13°01'05"N	1994	75	–	Soudano-Sahélien
Yitenga	00°23'00"O	12°11'26"N	1987	3.35	100	
Dakiri	00°16'35"O	13°18'03"N	1960	10.5	2300	
Titao	02°03'50"O	13°46'31"N	1951	3.7	400	Sahélien
Thiou	02°39'29"O	13°49'13"N	1981	4.3	328	
Djibo	01°36'57"O	14°06'53"N	1970	2.2	610	
Yalgo	00°16'46"O	13°34'46"N	1954	10	8175	



Fig. 1 Carte du Burkina Faso: localisation des retenues d'eau étudiées.

MATERIEL ET METHODE

L'étude est faite sur la base des indicateurs et de la méthode de classement des lacs selon l'OCDE (1982). Il s'agit notamment de la chlorophylle *a*, l'oxygène dissous, la transparence, la concentration en azote et en phosphore.

La transparence a été mesurée au disque de Secchi. Nous avons associés à cet indicateur la mesure de la turbidité réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption moléculaire de type DR 2000 sur l'échelle de Formazine, et celle des matières en suspension (MES).

L'oxygène dissous, la température, le pH et la conductivité électrique ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multimètre (Multiline P4) muni de sonde spécifique pour chaque paramètre.

La chlorophylle *a* a été mesurée en laboratoire par spectrométrie d'absorption moléculaire après filtration et extraction à l'acétone 90%. Après centrifugation, la densité optique de l'extrait d'acétone a été mesurée aux longueurs d'onde de 665 nm et 750 nm, selon la méthode de Lorenzen.

Le phosphore et l'azote ont été mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption moléculaire de type DR2000.

Le niveau de comblement des retenues d'eau a été évalué pour les retenues d'eau pour lesquelles les profondeurs initiales sont connues, par calcul différentiel des tirants d'eau entre la mise en eau et la période de la campagne d'échantillonnage et pour les autres, à partir du jaugeage de l'épaisseur de la densité des boues au moyen d'une barre rigide.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le comblement des plans d'eau

Le comblement d'un plan d'eau peut être dû à des processus endogènes (la production primaire à l'intérieur de la retenue) et exogènes (les apports du bassin versant). Les mesures de tirants d'eau révèlent une tendance au comblement croissant des retenues d'eau du sud vers le nord, c'est-à-dire de la zone soudanienne vers la zone sahélienne. L'ampleur du phénomène n'a pu être encore quantifiée en raison de l'insuffisance des données disponibles sur les tirants d'eau à la mise en eau de certains barrages. Il apparaît tout de même une corrélation assez forte entre le niveau de comblement et la vulnérabilité des sols à l'érosion, elle-même corrélée avec la zone climatique.

A titre indicatif, la capacité de la retenue d'eau de Yitenga (en zone soudano sahélienne) est passée de $3.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ à la mise en eau en 1987 à $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 2001, soit un rythme de comblement de 2.5% par an. Des études antérieures menées au Burkina suggèrent un niveau d'envasement des barrages, rapporté à la superficie du bassin versant variant annuellement de 4–8.4 t ha⁻¹ dans les zones soudano sahélienne et sahélienne. Les matières en suspension représentent la forme dominante (plus de 90%) des produits de comblement (Karambiri & Ribolzi, 2003). En zone soudanienne, la végétation sur des sols peu favorables à l'érosion, s'avère être un facteur déterminant dans la limitation des apports de matériaux terreux vers les plans d'eau.

Turbidité, transparence et matières en suspension

Les valeurs obtenues pour la transparence sont inférieures à 1.5 m pour toutes les retenues d'eau (Tableau 2 et Fig. 2). Sur la base de ce paramètre, toutes les 10 retenues d'eau seront classées dans la catégorie des lacs eutrophes selon OCDE (1982).

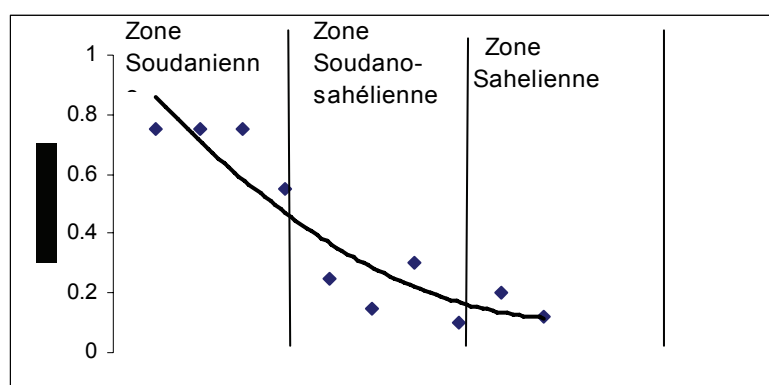
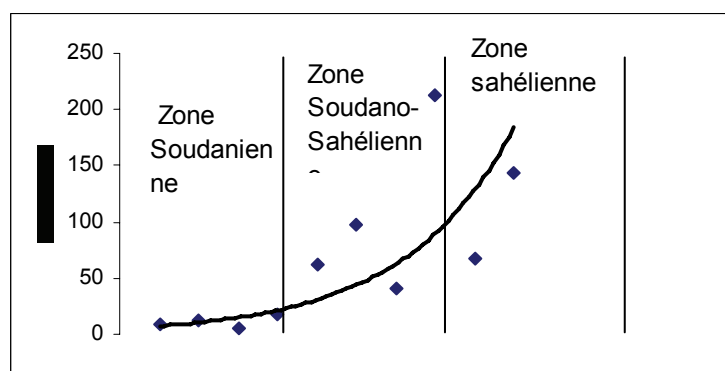
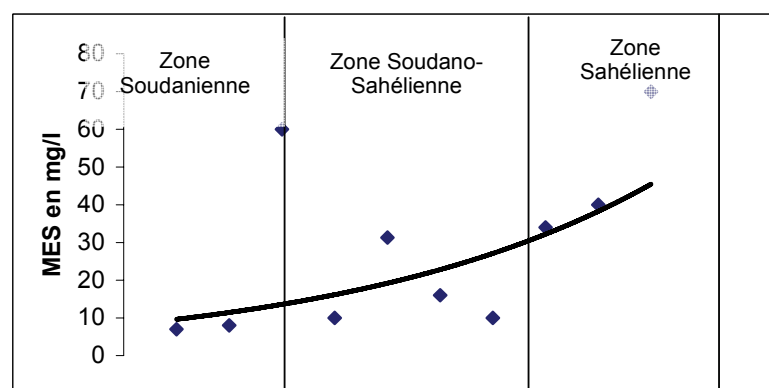
Les résultats des mesures suggèrent un lien de causalité assez fort entre la transparence, la turbidité et les matières en suspension. La tendance est à la diminution de la transparence de la zone soudanienne vers la zone sahélienne, et conséquemment, une augmentation de la turbidité des eaux (Fig. 3), et plus modestement une augmentation des MES dans le même ordre (Fig. 4).

De même, la mesure de la conductivité suggère une minéralisation relativement faible en zone soudanienne et de plus en plus élevée à mesure que l'on va vers le sahélien (Fig. 5).

Si les faibles valeurs de transparence observées en zone soudanienne sont probablement dues aux micro algues (représentant la fraction organique des matières en suspension), les valeurs élevées de la turbidité mesurées en zones soudano sahélienne et sahélienne prouvent que ce sont plutôt les fines particules colloïdales (matière minérale) qui sont responsables des faibles valeurs de transparence. Ces valeurs ne traduisent donc pas une eutrophie des retenues d'eau puisque

Tableau 2 Transparence, turbidité et matières en suspension mesurées dans les 10 retenues d'eau en mars 2004.

Retenues d'eau	Douna	Toussiana	Moussodougou	Kanazoé	Yitenga	Dakiri	Titao	Thiou	Djibo	Yalgo
Transparence (m)	0.75	0.75	0.75	0.55	0.15	0.25	0.3	0.1	0.2	0.12
Turbidité (FTU):										
Surface	8	13	5	17.3	98	62	40	212	67	143
Fond		10		17	96	53	30			169
Conductivité ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	28	19	40	82	201	95.5	105.5	80	109	123
MES (mg L^{-1}):										
Surface	7	6	60	10	33.5	12	10	70	40	33.5
Fond		10		10	29.5	20	10			34.5

**Fig. 2** Tendance évolutive de la transparence en fonction des zones climatiques.**Fig. 3** Tendance évolutive de la turbidité en fonction des zones climatiques.**Fig. 4** Tendance évolutive des MES en fonction des zones climatiques.

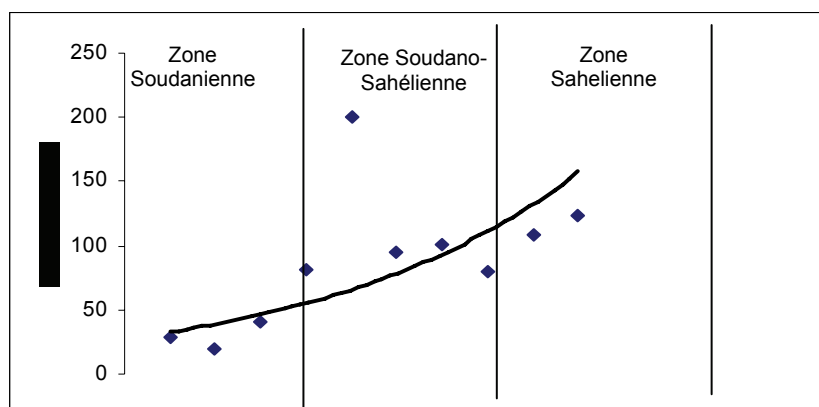


Fig. 5 Tendence évolutive de la conductivité en fonction des zones climatiques.

aucun signe d'eutrophisation par prolifération algale ni de macrophytes n'est perceptible. Du reste, les autres paramètres d'évaluation ne confirment pas une situation d'eutrophie de ces plans d'eau.

Ces résultats nous conduisent à déclarer que la transparence n'est pas vraiment un indicateur pertinent pour caractériser le niveau d'eutrophie des plans d'eau dans les zones où le transport de solides est prépondérant.

La Chlorophylle *a*

La mesure de la chlorophylle *a* a pour but d'évaluer l'activité de la photosynthèse dans les plans d'eau. Dans les retenues d'eau de la zone soudanienne, la production primaire est peu perceptible. Dans le cas particulier de la retenue d'eau de Moussodougou, on a observé un faible développement des micro algues sur les berges comme (les *Ceratophyllum* sp, *Oryza* sp, *Azolla* sp). L'analyse de chlorophylle *a* faite dans des études antérieures révèle des valeurs relativement faibles de l'ordre de $73 \mu\text{g L}^{-1}$ à Toussiana (zone soudanienne), et très faible ($0.01 \mu\text{g L}^{-1}$) à Yalgo en zone sahélienne (Maiga & Denyigba, 2001). L'absence quasi-totale d'activité photosynthétique dans les retenues d'eau en zone sahélienne est donc due en partie à la charge trop élevée en particules en suspension qui réduit la pénétration de la lumière. En effet, selon plusieurs auteurs, même lorsque des facteurs limitant de la productivité primaire (azote, phosphore) sont satisfaits, la production primaire reste limitée lorsque l'intensité lumineuse est faible (Lhote, 2000).

L'oxygène dissous

Les 10 retenues d'eau sont en sursaturation d'oxygène avec des concentrations supérieures à 8 mg L^{-1} (Tableau 3). Les mesures effectuées en profils verticaux n'ont pas révélé de stratification significative. Les retenues d'eau étant de faibles profondeurs (entre 0,73 m pour la retenue d'eau de Djibo et 5.6 m pour la retenue d'eau de Douna), leur brassage par effet de vent a pu homogénéiser leur milieu et empêcher leur stratification. En se référant à l'échelle de classification de l'OCDE (1982), qui qualifie d'eutrophe un plan d'eau ayant moins de 5 mg L^{-1} d'oxygène dissous, elles seront classées toutes dans la catégorie des plans d'eau oligotrophes.

Tableau 3 Oxygène dissous mesuré dans les 10 retenues d'eau en mars 2004.

O ₂ dissous	Douna	Toussiana	Moussodougou	Kanazoé	Yitenga	Dakiri	Titao	Thiou	Djibo	Yalgo
Surface (mg L^{-1})	11.3	10.5	11.3	10.3	7.75	8.29	13	11.3	9.4	10.6
Fond (mg L^{-1})	11	11	11	10.3	7.54	8.4	12			10.39

Phosphore et azote

Le phosphore mesuré (P-PO_4^{3-}) est relativement faible et ne présente pas de grandes disparités entre les retenues d'eau, ni une tendance particulière par rapport à une zone climatique (Tableau 4). Les teneurs ne paraissent pas être de nature à limiter le développement algal et

Tableau 4 Phosphore et azote mesurés dans les 10 retenues d'eau en mars 2004.

Indicateurs	Douna	Toussiana	Mouso-dougou	Kanazoé	Yitenga	Dakiri	Titao	Thiou	Djibo	Yalgo
P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹):										
Surface	0.05	0.01	0.18	0.29	0.29	0.16	0.11	0.2	0.3	0.16
Fond	NM	0.04	NM	0.34	0.18	0.16	0.12	NM	NM	0.22
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹):										
Surface	0	0	2.2	2.2	0.44	0	1.22	NM	2.2	1.32
Fond	NM	0	NM	1.32	0.44	0	1.46	NM	NM	0.88
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹):										
Surface	0.06	0.01	0.13	0.41	0.23	0.27	0.7	0.19	1.35	0.11
Fond	NM	0.04	NM	0.38	0.24	0.21	0.9	NM	NM	0.28

NM = non mesuré.

végétatif, car il suffit de quelques µg L⁻¹ de phosphore pour assurer une intense activité photosynthétique.

Les teneurs en azote (N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻) ne sont pas particulièrement élevées non plus, mais elles sont suffisantes pour ne pas être limitatives dans les activités de photosynthèse.

Il semble que contrairement au milieu tempéré où le phosphore est fréquemment limitant, une tendance claire ne puisse pas être dégagée à la réponse trophique des retenues d'eau des milieux tropicaux Lhote (2000). En zone sahélienne les plans d'eau semblent tolérer des teneurs en phosphore et en azote plus élevées que les eaux de la zone guinéenne et pré guinéenne (en Côte d'Ivoire par exemple). L'hypothèse d'une apparition tardive et difficile de l'eutrophisation en zone sahélienne semble être vraisemblable avec des teneurs relativement élevées en phosphore et en azote.

CONCLUSION

Le risque de comblement des retenues d'eau au Burkina Faso est réel à des degrés variables selon les zones climatiques. Le comblement par transport de solides représente la menace première surtout dans les zones sahéliennes, marquées par une érosion intense, conséquence de la dégradation des terres et de celle du couvert végétal des bassins versants. Le risque de comblement est plutôt faible pour les retenues d'eau des zones soudaniennes dont les bassins versants comportent un couvert végétal de protection anti-érosive et dont les sols sont de nature à résister à cette érosion.

Le risque d'une eutrophisation de grande envergure est plutôt faible pour les plans d'eau en zone soudanienne. Ce risque semble inexistant en zone sahélienne car la forte turbidité des eaux paraît être un facteur limitant les activités de photosynthèse.

REFERENCES

- Karambiri, H. & Ribolzi, O. (2003) Caractérisation des événements averses-crués et de l'érosion hydrique à l'échelle d'un petit bassin versant pastoral sahélien (nord du Burkina Faso). *Rev. Sud Sciences et Technologies* **11**, 35–45.
- Leprun, J. C. (1999) The influences of ecological factors on tiger bush and dotted bush patterns along a gradient from Mali to northern Burkina Faso. *Catena* **37**, 25–44.
- Lhote, A. (2000) Critères d'évaluation de la qualité de l'eau d'un système lacustre tropical. Approche statistiques. Thèse de doctorat. Université de Poitiers, Poitiers, France.
- Maïga, A. H. & Denyigba, K. (2002) Le comblement précoce des petites retenues d'eau par eutrophisation et par transport de solides: une menace réelle de disparition des plans d'eau en Afrique de l'Ouest. In: 2ème Journée scientifique du Groupe EIER-ETSHER, 91–96. EIER-ETSHER, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Maïga, A. H. & Denyigba, K. (2001) Eutrophication of small dams in West Africa. The case of Lobo dam (Côte d'Ivoire). In: *Fourth Inter-regional Conference on Environment and Water* (Fortalega, Brasil, August 2001). Assoc. Bras. Irrig. Dren, Brasil.
- Marchal, J. Y. (1983) Yatenga. Nord Haute Volta. La dynamique d'un espace rural soudano-sahélien. *Trav. Doc. ORSTOM* **167**, 872. ORSTOM, Paris, France.
- OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economique de l'Europe) (1982) Eutrophisation des eaux: méthodes de surveillance, d'évaluation et de lutte. Document OCDE. Paris, 1–65.
- Parkan, J. (1986) Bilan et évolution des disponibilités en bois-Alternatives de productions forestières et d'actions sur la consommation, 1986–1995. *Rapport de synthèse FO: DP/UPV/78/004*. FAO, Rome.
- Yacouba, H., Da D. E. C., Yonkeu S., Zombré P. & Soulé M. (2002) Caractérisation du ruissellement et de l'érosion hydrique dans le bassin supérieur du Nakambé (Burkina Faso). *Envirowater 2002* (5ème Conférence Inter-régionale sur l'Environnement et l'Eau) Ouagadougou, 5-8 novembre 2002 Burkina Faso. (ed. A. H. Maïga, L. S. Pereira & A. Musy), 318–325. SOGIF.